

09 JUL 2004

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Juli 2003 (24.07.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/060307 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02D 41/34,
F02P 17/12

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): OTT, Karl [DE/DE];
Im Eichrain 12, 71706 Markgröningen (DE). BINDER,
Helmut [DE/DE]; Breisgaustrasse 13/1, 74172 Neckar-
sulm (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/04729

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Dezember 2002 (23.12.2002)

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

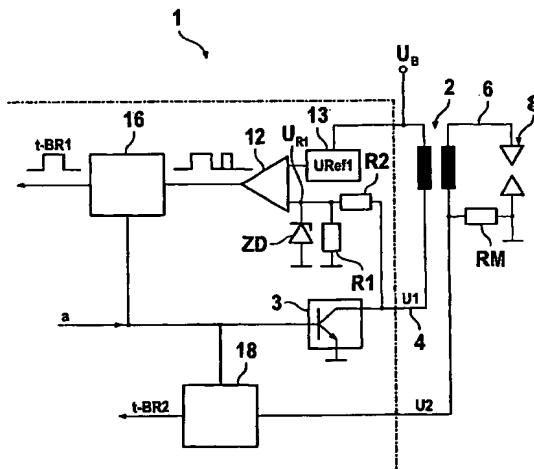
(30) Angaben zur Priorität:
102 01 164.8 15. Januar 2002 (15.01.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR IDENTIFYING A PHASE OF A FOUR-STROKE SPARK IGNITION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERKENNUNG EINER PHASE EINES 4-TAKT-OTTOMOTORS



WO 03/060307 A1

(57) Abstract: The invention relates to a method and device for identifying the phase of a four-stroke spark ignition engine, particularly of a gasoline direct injection engine. The aim of the invention is to effect a reliable phase identification without a great deal of complexity. To this end, a crankshaft is turned with at least one piston during the starting phase. At least two successive top dead centers (Z-OT, LW-OT) of the piston and without the supply of fuel, an ignition is initiated by an ignition coil (2). A primary or secondary current or a primary or secondary voltage is measured during the measuring period extending at least over a combusting period (t-BR-Z-OT, t-BR-LW-OT) after ignition. The measuring signals of successive ignitions are compared in order to determine which of the successive top dead centers is an ignition top dead center (Z-OT) and which is a charge cycle top dead center (LW-OT).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen der Phase eines 4-Takt-Ottomotors, insbesondere eines Benzin-Direkt-Einspritzer-Motors. Für eine sichere Phasenerkennung mit relativ geringem Aufwand wird vorgeschlagen, dass in einer Startphase eine Kurbelwelle mit mindestens

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

einem Kolben gedreht wird, bei mindestens zwei aufeinanderfolgenden oberen Totpunkten (Z-OT, LW-OT) des Kolbens ohne Zuführung von Brennstoff eine Zündung mittels einer Zündspule (2) ausgelöst wird, ein Primär- oder Sekundärstrom oder eine Primär- oder Sekundärspannung in einem Messzeitraum, der sich jeweils zumindest über eine Brenndauer (t-BR-Z-OT, t-BR-LW-OT) nach der Zündung erstreckt, gemessen wird, und aus einem Vergleich der Messsignale aufeinanderfolgender Zündungen geschlossen wird, welcher der aufeinanderfolgenden oberen Totpunkte ein Zündungs-Oberer-Totpunkt (Z-OT) und welcher ein Ladungswechsel-Oberer-Totpunkt (LW-OT) ist.

10 **Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung einer Phase eines 4-Takt-Ottomotors**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung einer Phase eines 4-Takt-Ottomotors.

15

Bei Motoren, deren Einspritzventile elektronisch durch eine ECU (electronic control unit) gesteuert werden, ist es notwendig, die Phasenlage beim Start des Verbrennungsmotors zu bestimmen. Da sich ein Verbrennungszyklus über zwei 360°-Umdrehungen der Kurbelwelle erstreckt, wird erst durch die Phasenlage festgelegt, ob sich der Kolben bei der Aufwärtsbewegung im Verdichtungstakt oder im Ausstoßtakt befindet.

20

Hierzu sind verschiedene Systeme bekannt. Zum einen kann auf der Nockenwelle ein zusätzliches Geberrad vorgesehen sein oder eine Auslauferkennung vorgenommen werden. Derartige Systeme erfordern aufwendige zusätzliche Mittel.

25

Bei Motoren mit Saugrohreinspritzung kann weiterhin eine Bestimmung der Phase in einem sogenannten Doppelzündungsverfahren durch Brennstoffeinspritzung und Zündung in den aufeinanderfolgenden oberen Totpunkten erfolgen.

Jede zweite Zündung findet hierbei ein zündfähiges Brennstoffgemisch vor. Je nach Phasenlage erfolgt die Einspritzung als Vorlagerung vor das geschlossene Einlaßventil oder bei offenem Einlaßventil im Ansaugtakt.

5 Bei Motoren mit Saugrohreinspritzung wird jedoch nie-
mals unverbranntes Gemisch in den Katalysator gescho-
ben. Nach erfolgtem Motorstart kann anschließend mit
anderen OT-Erkennungsverfahren auf die Einzelzündung im
Z-OT umgeschaltet werden.

10

Ein derartiges Doppelzündungsverfahren mit Zündung und Einspritzung bei jeder Kurbelwellenumdrehung kann je-
doch nicht bei einem Motor mit Benzin-Direkt-Einspritzung (BDE) vorgenommen werden, da bei diesen Motoren
15 die Einspritzung genau in dem Ansaugtakt oder dem An-
fangsbereich des Verdichtungstaktes erfolgen muß, eine
Einspritzung im Ausstoßtakt hingegen nicht erlaubt ist,
da ansonsten unverbrannter Brennstoff in den Katalysa-
tor ausgeschoben werden kann.

20

Die DE 198 17 447 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung, bei denen in einer Startphase die Kurbel-
welle von einem Anlasser gedreht wird und ohne eine
Einspritzung bei jeder Kurbelwellendrehung im Bereich
25 des jeweiligen oberen Totpunktes eine Spannung an die
Zündkerze angelegt wird. Für die Erkennung der Phase
wird das Paschengesetz herangezogen, gemäß dem die
Zündspannung um so höher ist, je größer der Druck zwi-
schen den Elektroden ist. Wird der Motor vom Anlasser
30 gedreht, erfolgt eine Verdichtung des Gases im Verbren-
nungsraum jeweils nur in den Kompressionstakten, wobei
der höchste Druck in den um 720° KW versetzten Zün-
dungs-Oberen-Totpunkten (Z-OT) erreicht wird. In den um
 360° hierzu versetzten Ladungswechsel-Oberen-Totpunkten

(LW-OT) zwischen Ausstoßtakt und Ansaugtakt liegt hingegen ein deutlich niedriger Gasdruck vor. Zur Unterscheidung des Z-OT vom LW-OT wird eine Zündspannung eingestellt, die lediglich bei dem niedrigen Druck des

5 LW-OT zur Zündung ausreicht, beim hohen Druck des Z-OT jedoch nicht. Zur Einstellung der Zündspannung wird der Zündspule lediglich eine entsprechende Zündenergie zugeführt. Die Unterscheidung, ob im jeweiligen oberen Totpunkt eine Zündung stattgefunden hat oder nicht,

10 wird durch eine Analyse des Ionenstroms vorgenommen. Falls keine Zündung vorgelegen hat, wird hierbei im Primärstromkreis und Sekundärstromkreis wegen der Bau-elementekapazitäten und der Induktivität der jeweiligen Zündspulenwicklung nur eine kurze Halbschwingung gemessen, die durch die Freilaufdiode unterbrochen wird. Im

15 Falle einer Zündung wird hingegen ein im wesentlichen dreieckförmiger Sekundärstrom als Funkenstrom gemessen.

Das Verfahren und die Vorrichtung der DE 198 17 447 A1 kann auch bei einem BDE-Motor angewendet werden, da die Zündungen im LW-OT ohne Einspritzung erfolgen. Hierbei muß jedoch zunächst eine genaue Ansteuerung der Zündspule erfolgen, um genau die gewünschte Zündenergie zur Verfügung zu stellen. Der erforderliche Schwellenwert

25 der Zündenergie zur Unterscheidung der oberen Totpunkte kann insbesondere bei verschiedenen Motoren unterschiedlich ausfallen, so daß eine genaue Einstellung erschwert ist. Weiterhin ist die Auswertung des gemessenen Ionenstroms für eine genaue Unterscheidung zwischen Z-OT und LW-OT relativ aufwendig.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12 bieten demgegenüber den

Vorteil, daß sie mit relativ geringem Aufwand verwirklicht werden können, eine genaue Erkennung der Phase ermöglichen und insbesondere auch bei einem Benzin-Direkt-Einspritzungs-Motor verwendet werden können.

- 5 Hierbei kann vorteilhafterweise im Anschluß an die Phasenerkennung bei sich bereits drehender Kurbelwelle der Motor durch phasenrichtige Einspritzung und Zündung gestartet werden.
- 10 Erfindungsgemäß wird somit – anders als bei den oben genannten Doppelzündungsverfahren – der Motor mit Zündung und ohne Einspritzung gedreht. Anders als in der DE 198 17 447 A1 wird eine hinreichend hohe Zündenergie zugeführt, die bei jeder Kurbelwellenumdrehung zu einer Zündung führt, ohne einen genauen Schwellenwert einzustellen zu müssen.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß eine Unterscheidung des Z-OT von dem LW-OT auch bei Durchführung einer Zündung in beiden oberen Totpunkten möglich ist, da das Zündverhalten in beiden Stellungen unterschiedlich ist. Im Z-OT ist aufgrund des hohen Druckes die Zündspannung hoch und die Brenndauer kurz; im LW-OT ist hingegen die Zündspannung klein und die Brenndauer lang. Eine Unterscheidung zwischen den beiden Stellungen kann somit bei erfolgten Zündungen durch einen Vergleich der Brenndauern, des Zündstroms oder der an der Zündkerze anliegenden Zündspannung erfolgen.

- 30 Gemäß einer Ausführungsform kann der Sekundärstrom gemessen werden, z. B. als Spannungsabfall über einen mit der Sekundärwicklung der Zündspule und der Zündkerze in Reihe geschalteten Meßwiderstandes gegenüber Masse. In diesem Fall wird die Meßeinrichtung auf einfache Weise

durch den Meßwiderstand im Sekundärstromkreis gebildet. Die am Meßwiderstand abfallende Spannung wird als Meßsignal von einer Auswerteeinrichtung aufgenommen.

- 5 Eine Messung im Primärstromkreis kann insbesondere über die an den Primärwicklungsklemmen der Zündspule abgenommene Primärspannung erfolgen. Als Meßeinrichtung kann in diesem Fall eine geeignete Meßschaltung mit einem Operationsverstärker oder Komparator dienen, wobei
- 10 die Primärspannung z. B. über eine Spannungsteilerschaltung einem Eingang des Operationsverstärkers zum Vergleich mit einer Referenzspannung am anderen Eingang des Operationsverstärkers zugeführt werden kann. Der Operationsverstärker gibt wiederum ein Meßsignal an ei-
- 15 ne Auswerteeinrichtung ab.

Die Auswerteeinrichtung kann in beiden Ausführungsformen vorteilhafterweise zusätzlich zu dem jeweiligen Meßsignal das Ansteuersignal des Zündtransistors aufnehmen, um für die Auswertung des Meßsignals den Zündzeitpunkt bestimmen zu können.

Die Auswerteeinrichtung gibt ein Brenndauersignal an eine Vergleichseinrichtung aus, die die Brenndauersignale miteinander oder mit vorgespeicherten Werten vergleicht und hierbei eine kürzere Brenndauer der Zündung im Z-OT zuordnet.

Die erfindungsgemäße Phasenerkennung kann an einem oder mehreren Kolben gleichzeitig durchgeführt werden. Nach erfolgter Phasenerkennung kann die Drehung der Kurbelwelle bereits für den Startvorgang ausgenutzt werden, indem phasenrichtig im nächsten Z-OT Einspritzung und Zündung erfolgen.

Erfnungsgemäß sind somit - anders als bei z. B. Phasenerkennungen über Auslauferkennung oder ein zusätzliches Geberrad auf der Nockenwelle - keine zusätzlichen

5 Sensoren, sondern lediglich ein relativ geringer Schaltungsaufland erforderlich. Hierdurch wird ein Motorstart auch mit defektem Phasengeber möglich. Die Erfindung kann vorteilhafteise insbesondere bei Benzin-Direkt-Einspritzungs-Motoren verwendet werden, da währ-

10 rend der Phasenerkennung eine Einspritzung ganz vermieden wird und somit kein Brennstoff zum Katalysator gelangen kann. Sie kann weiterhin auch bei Motoren mit Saugrohr-Einspritzung angewendet werden; eine derartige Verwendung ist insbesondere bei Saugrohr-Einspritz-

15 Motoren vorteilhaft, bei denen das herkömmlich verwendete Doppelzündungsverfahren unter Zündung und Einspritzung bei jedem oberen Totpunkt problematisch ist.

Die erfundungsgemäß verwendete Meßeinrichtung und Auswerteeinrichtung kann integriert ausgebildet werden.

20 Insbesondere bei einer Messung der an der Primärwicklung induzierten Primärspannung liegt keine weitere Beeinflussung des Primär- und Sekundärstromkreises vor, so daß eine kostengünstige Lösung mit sicherer Phasenerkennung ohne weitere Beeinflussung des Zündvorganges

25 möglich ist.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der beiliegenden Zeichnungen an einigen Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild einer Zündanlage mit zwei alternativ verwendbaren Vorrichtungen zur Phasenerkennung gemäß der Erfindung;

Fig. 2a, b Diagramme mit dem zeitlichen Verlauf der Spannungen U_{R1} , $U2$ von Fig. 1 bei den oberen Totpunkten.

5

Gemäß Fig. 1 ist in einem Primärstromkreis 4 zwischen einem Batterieanschluß der Bordspannung UB und Masse eine Primärwicklung einer Zündspule 2 und ein Zündtransistor 3 vorgesehen. Der Zündtransistor 3 wird von einem Ansteuersignal a angesteuert und läßt in seinem niederohmigen Zustand – bei hohem Spannungspegel des Ansteuersignals a – einen Primärstrom in dem Primärstromkreis 4 zu, durch den in der Zündspule 2 ein Magnetfeld aufgebaut wird. Beim nachfolgenden Sperren des Zündtransistors 3 in seinem hochohmigen Zustand – bei niedrigem Spannungspegel des Ansteuersignals a – induziert das zusammenbrechende Magnetfeld der Zündspule 2 in deren Sekundärwicklung einen Spannungsstoß, der zu einer Funkenentladung an einer Zündkerze 8 führt. Hierbei fällt an dem in Reihe geschalteten Meßwiderstand RM entsprechend dem jeweiligen Sekundärstrom eine Spannung $U2$ gegenüber dem auf Masse gelegten Anschluß der Zündspule 8 ab.

25 Erfindungsgemäß ist die gezeigte Zündanlage mit Zündspule 2, Bordspannung UB und Ansteuersignal a so gewählt, daß die in der Zündspule 2 gespeicherte Zündenergie vor dem Ausschalten des Primärstroms für eine Zündung eines Gases sowohl im Ladungswechsel-Oberen-Totpunkt (LW-OT) als auch im Zündungs-Oberen-Totpunkt (Z-OT) für den Aufbau einer hinreichend hohen Zündspannung an der Zündkerze 8 ausreicht.

30

Die am Kollektor des Zündtransistors 3 bzw. dem entsprechenden Anschluß der Primärwicklung der Zündspule 2 anliegende Spannung U1 wird von einer Spannungsteilerschaltung mit Widerständen R1, R2 abgenommen. Ein Eingang eines Operationsverstärkers 12 oder Komparators ist mit der Spannungsteilerschaltung zwischen den Widerständen R1 und R2 verbunden und nimmt somit eine Primärvergleichsspannung $U_{R1} = R1/(R1 + R2)U1$ auf. Zur Spannungsbegrenzung kann die gezeigte Zener-Diode ZD parallel zu R1 geschaltet sein. Hierbei werden die Widerstände R1, R2 derartig hoch gewählt, daß sie den Primärstrom nicht nennenswert beeinflussen und insbesondere im hochohmigen Zustand des Zündtransistors 3 kein nennenswerter, für das magnetische Feld der Zündspule 2 relevanter Primärstrom durch sie fließt. Indem nicht U1, sondern die Primärvergleichsspannung U_{R1} dem Operationsverstärker 12 zugeführt wird, liegt zum Zündzeitpunkt anstelle des hohen Spannungswertes von U1 ein begrenzter Spannungswert an. Hierbei kann z. B. R2 = 100 kOhm und R1 = 11 kOhm gewählt werden, so daß durch R2 ein Strom von ca. 2 mA fließt, die Brennspannung von U1 zwischen 20 V und 40 V und die Brennspannung von UR1 zwischen 2 V und 4 V liegt.

Der andere Eingang des Operationsverstärkers 12 ist über eine zweite Spannungsteilerschaltung 13 bzw. eine andere geeignete Einrichtung zur Einstellung einer Referenzspannung URef an die Bordspannung UB angeschlossen. Durch Verwendung der Spannungsteilerschaltung 13 wird eine von der Bordspannung UB abhängige Referenzspannung URef erzeugt, so daß eine vorteilhafte automatische Anpassung an Änderungen von UB (z. B. bei Betätigung des Anlassers) erfolgt. In Abhängigkeit von U1 liefert der Operationsverstärker 12 ein hohes oder

niedriges Ausgangssignal. Hierbei sind URef und R1, R2 so gewählt, daß eine durch den Sekundärstrom bei einer Zündung induzierte Primärspannung erfaßt und von einem zündstromfreien Zustand unterscheiden werden kann. Das

5 Ausgangssignal des Operationsverstärkers 12 wird einer ersten Auswerteeinrichtung 16 zugeführt, die weiterhin das Ansteuersignal a aufnimmt und ein Brenndauersignal t-BR1 ausgibt.

10 Die von der ersten Auswerteeinrichtung 16 und zweiten Auswerteeinrichtung 18 ausgegebenen Brenndauersignale können anschließend mit entsprechenden Signalen der beim nachfolgenden oberen Totpunkt erfolgten Messung in einer nicht gezeigten Vergleichseinrichtung verglichen

15 werden.

Erfindungsgemäß kann alternativ die erste Meßeinrichtung im Primärstromkreis oder die zweite Meßeinrichtung im Sekundärstromkreis verwendet werden; es ist jedoch

20 grundsätzlich auch die Verwendung beider Meß- und Auswerteeinrichtungen möglich.

Bei den Zündungen in den um 360° versetzten oberen Totpunkten wird jeweils das gleiche Ansteuersignal a an

25 den Zündtransistor ausgegeben, so daß dem Magnetfeld der Zündspule 2 die gleiche Zündenergie zugeführt wird. Nach dem Paschengesetz erfolgt nach der Zündung jedoch ein unterschiedliches Brennverhalten bei dem Z-OT mit komprimiertem Gas hohen Druckes zwischen den Elektroden

30 der Zündkerze 8 und dem LW-OT mit Gas niedrigen Druckes zwischen den Elektroden der Zündkerze 8, so daß sich unterschiedliche Verläufe der Spannungen U_{R1} und $U2$ ergeben, wie aus Fig. 2a, b ersichtlich ist:

Bei Messung und Auswertung am Primärstromkreis 4 der Zündspule 2 wird in beiden Stellungen der Kurbelwelle vor der Zündung - d. h. bei niederohmigem Zustand des Zündtransistors 3 - zunächst ein niedriger Spannungswert U_1 und somit auch U_{R1} vorliegen. Die anschließender Zündung mit einem Zündspannungsstoß SP erfolgt beim Ladungswechsel-OT bei einer niedrigeren Zündspannung, wodurch die Spannung U_1 im Primärstromkreis einen niedrigeren Wert einnimmt und somit auch U_{R1} gemäß der Kurve LW einen niedrigeren Wert einnimmt als beim Zündungs-OT gemäß der Kurve Z. Der jeweilige Brennvorgang erfolgt mit unterschiedlichen Brenndauern t -BR-Z-OT und t -BR-LW-OT. Die jeweils gemessene Spannung U_{R1} ist proportional zu der aus dem sich abbauenden Magnetfeld der Zündspule 2 induzierten Spannung U_1 . Im Zündungs-OT baut sich das Magnetfeld der Zündspule 2 mit einem größeren Sekundärstrom im Sekundärstromkreis 6 schneller ab, so daß eine größere Spannung U_1 im Primärstromkreis mit kürzerer zeitlicher Erstreckung induziert wird. Im Ladungswechsel-OT der Kurve LW baut sich das Magnetfeld der Zündspule 2 langsamer ab unter Bildung eines geringeren Sekundärstroms, so daß die im Primärstromkreis induzierte Spannung U_1 und folglich auch U_{R1} geringer ist und sich über die längere Brenndauer t -Br-LW-OT erstreckt. Eine Referenzspannung U_{Ref1} liegt zwischen dem Wert von U_{R1} während der längeren Brenndauer t -Br-LW-OT und einem Ruhewert U_N nach den Brenndauern t -Br-Z-OT und t -Br-LW-OT. Durch einen Vergleich von U_{R1} mit der Referenzspannung U_{Ref1} in dem Operationsverstärker 12 kann somit die Brenndauer ermittelt werden, wobei das Ausgangssignal des Operationsverstärkers 12 oder Komparators nach der jeweiligen Brenndauer den Wert ändert. Dieses Ausgangssignal des Operationsverstärkers 12 wird an die Auswerteeinrichtung 16 ausgegeben, die weiterhin

das Ansteuersignal a zur Festlegung des Zündzeitpunktes aufnimmt und ein Brenndauersignal t-BR1 ausgibt.

Bei hierzu alternativer Verwendung der zweiten Meß- und 5 Auswerteeinrichtung wird gemäß Kurve 2b eine dem induzierten Sekundärstrom proportionale Spannung U2 direkt von der zweiten Auswerteeinrichtung 18 aufgenommen. Die in Fig. 2b gezeigten Meßkurven Z des Zündungs-OT und LW des Ladungswechsel-OT sind hierbei nicht unbedingt 10 streng linear. Der in der Sekundärwicklung der Zündspule 2 induzierte Sekundärstrom fällt von einem hohen Anfangswert innerhalb der Brenndauer t-BR-Z-OT relativ schnell auf Null ab. Der beim Ladungswechsel-OT induzierte Sekundärstrom fällt von einem kleineren Wert über die längere Brenndauer t-BR-LW-OT auf Null ab. Diese 15 Meßkurven können z. B. unterschieden werden, indem die gezeigten Spannungen U2 mit der gestrichelt eingezeichneten Referenzspannung URef2 in z. B. einem Operationsverstärker oder Komparator der Auswerteeinrichtung 20 18 verglichen wird. Hierbei ist URef2 hinreichend niedrig anzusetzen, um einen deutlichen Unterschied der Meßkurven zu erhalten.

10 **Patentansprüche**

1. Verfahren zum Erkennen einer Phase eines 4-Takt-Ottomotors, bei dem in einer Startphase eine Kurbelwelle mit mindestens einem Kolben gedreht wird,
15 bei mindestens zwei aufeinanderfolgenden oberen Totpunkten (Z-OT, LW-OT) des Kolbens ohne Zuführung von Brennstoff eine Zündung mittels einer Zündspule ausgelöst wird,
20 ein Primärstrom oder eine Primärspannung eines Primärstromkreises oder ein Sekundärstrom oder eine Sekundärspannung eines Sekundärstromkreises in einem Meßzeitraum, der sich jeweils zumindest über eine Brenndauer (t-BR-Z-OT, t-BR-LW-OT) nach der Zündung erstreckt, gemessen wird, und
25 aus einem Vergleich der Messungen der aufeinanderfolgenden oberen Totpunkte geschlossen wird, welcher der aufeinanderfolgenden oberen Totpunkte ein Zündungs-Oberer-Totpunkt (Z-OT) zwischen Kompressions- und Arbeitstakt und welcher ein Ladungswechsel-Oberer-Totpunkt (LW-OT) zwischen Ausstoßtakt und Ansaugtakt ist.
30

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung, bei der eine kürzere Brenndauer ($t\text{-BR-Z-OT}$) erkannt wird, dem Zündungs-Oberen-Totpunkt (Z-OT) zugeordnet wird.

5

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Brenndauer als die Zeitdauer nach der Zündung erkannt wird, in der ein Primär- oder Sekundärspannungsmeßwert oder ein Primär- oder Sekundärstrommeßwert einen Referenzwert überschreitet.

10 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Meßzeitraum eine 15 an der Primärwicklung der Zündspule induzierte Primärspannung (U_1) oder eine aus der Primärspannung (U_1) über eine Spannungsteilerschaltung (R_1, R_2) gebildete Primärvergleichsspannung (U_{R1}) mit einer ersten Referenzspannung (U_{Ref1}) verglichen 20 wird und in Abhängigkeit von diesem Vergleich ein Brenndauersignal ($t\text{-BR1}$) ausgegeben wird.

25

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Referenzspannung (U_{Ref1}) zwischen den Spannungswerten der Primärvergleichsspannung (U_{R1}) während der Brenndauer eines Ladungswechsel-Oberen-Totpunktes ($t\text{-BR-LW-OT}$) und einer Ruhespannung (U_N) nach den Brenndauern ($t\text{-BR-Z-OT}, t\text{-BR-LW-OT}$) liegt.

30

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sekundärstrom ermittelt wird, vorzugsweise durch Messung einer an einem mit der Sekundärwicklung und der Zündkerze (8)

in Reihe geschalteten Meßwiderstand (RM) abfallenden Sekundärspannung (U2).

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**,

5 daß die in den oberen Totpunkten (Z-OT, LW-OT) gemessenen Sekundärspannungen (U2) mit einer zweiten Referenzspannung (URef2) verglichen werden, und in Abhängigkeit von diesem Vergleich ein Brenndauersignal (t-BR2) ausgegeben wird.

10

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Brenndauersignal (t-BR-1, t-Br-2) in Abhängigkeit von dem Meßwert und einem Ansteuersignal (a) des Zündtransistors ausgegeben wird.

15

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Phase eines Benzin-Direkt-Einspritzungs-Motors ermittelt wird.

20

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Zündungs-Oberer-Totpunkt (Z-OT) bei mehreren Zylindern ermittelt wird.

25

11. Verfahren zur Zündung eines 4-Takt-Otto-Motors, insbesondere eines Benzin-Direkt-Einspritzungs-Motors, bei dem eine Phase des Motors und der Drehung der Kurbelwelle mit einem Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche ermittelt wird und ohne Unterbrechung der Kurbelwellendrehung nachfolgend phasenrichtig eine Einspritzung und Zündung erfolgen.

30

12. Vorrichtung zum Erkennen einer Phase eines 4-Takt-Otto-Motors mit einem Primärstromkreislauf, Sekundärstromkreislauf, Zündspule, Zündkerze und Zündtransistor, wobei die Vorrichtung aufweist:

5 eine Meßeinrichtung (12, 13, R1, R2; RM) zum Messen einer Primär- oder Sekundärspannung oder eines Primär- oder Sekundärstroms bei Drehung der Kurzelwelle im Bereich von aufeinanderfolgenden oberen Totpunkten eines Kolbens in jeweils einem Meßzeitraum, der sich zumindest über eine Brenndauer (t-BR-Z-OT, t-BR-LW-OT) nach der Zündung erstreckt, und Ausgabe eines Meßsignals,

10 eine Auswerteeinrichtung (16; 18) zur Aufnahme des Meßsignals der Meßeinrichtung und Ausgabe eines Brenndauersignals (t-BR1, t-BR2), und

15 eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen der Brenndauersignale der Auswerteeinrichtung.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßeinrichtung eine Primärspannungs-Meßeinrichtung (12, 13, R1, R2) zur Messung einer durch den Sekundärstrom induzierten Primärspannung (U1) ist.

20 14. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßeinrichtung ein Vergleichsmittel, vorzugsweise einen Operationsverstärker (12) oder Komparator, aufweist, dessen Eingänge über spannungseinstellende Mittel, vorzugsweise eine Referenzspannungsschaltung (13) und eine Spannungsteilerschaltung (R1, R2), mit den Primärwicklungsanschlüssen der Zündspule (2) verbunden sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßeinrichtung eine Sekundärstrom-Meßeinrichtung ist, die einen Widerstand (RM) aufweist, der im Sekundärstromkreis (6) mit der Sekundärwicklung der Zündspule (2) und der Zündkerze (8) in Reihe geschaltet ist, wobei die Auswerteeinrichtung (18) eine an dem Meßwiderstand (RM) abfallende Sekundärspannung (U2) als Meßsignal aufnimmt.

10

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12-15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Auswerteeinrichtung (16, 18) das Meßsignal der Meßeinrichtung (12, 13, R1, R2; RM) und ein Ansteuersignal (a) des Zündtransistors (3) aufnimmt und in Abhängigkeit hiervon das Brenndauersignal (t-BR1, t-BR2) an die Vergleichseinrichtung ausgibt.

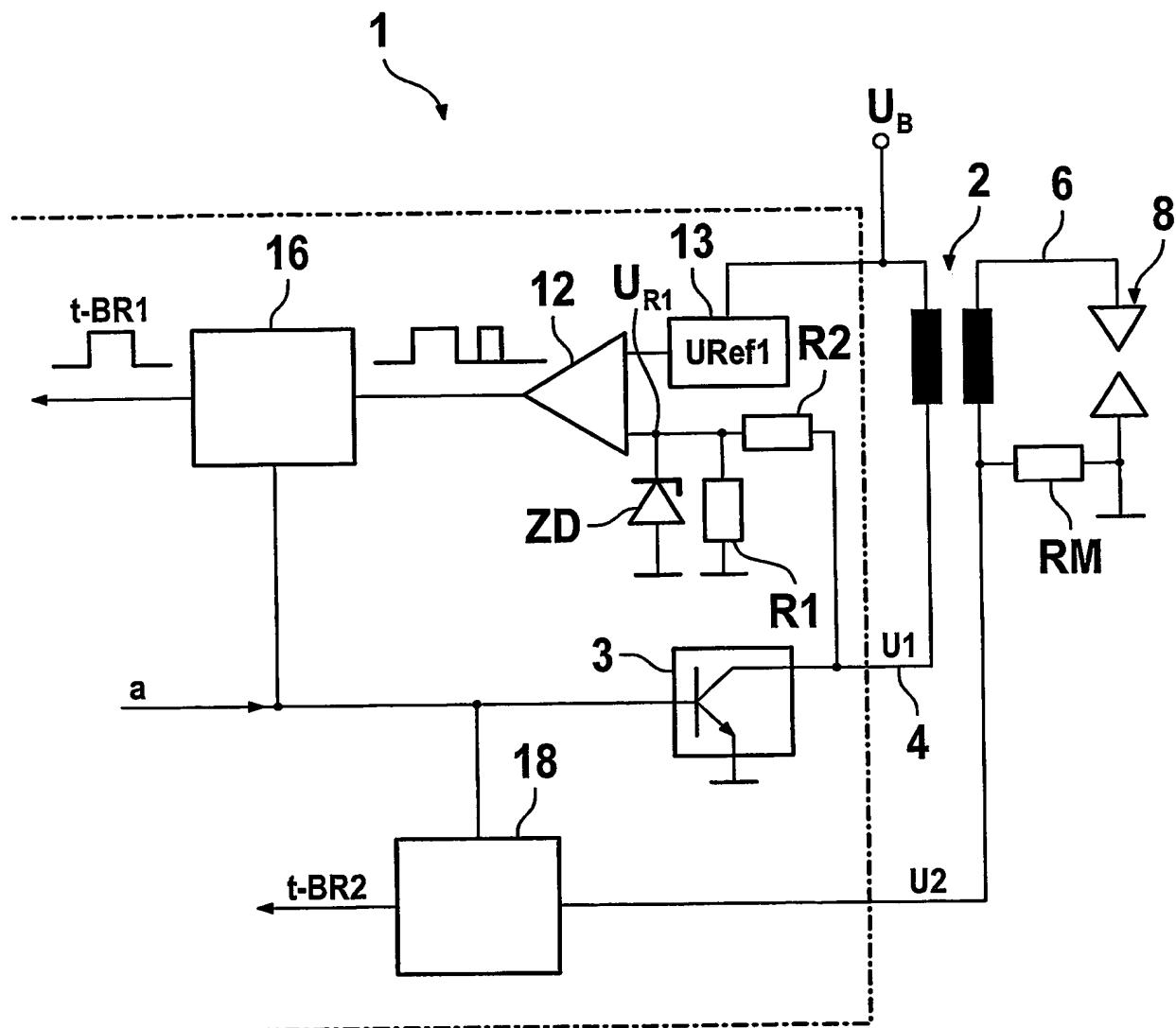
15

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vergleichseinrichtung eine Speichereinrichtung zum Zwischenspeichern zumindest eines Brenndauersignals (t-BR1, t-BR2) einer Messung für einen Vergleich mit dem Brenndauersignal der nachfolgenden Messung aufweist.

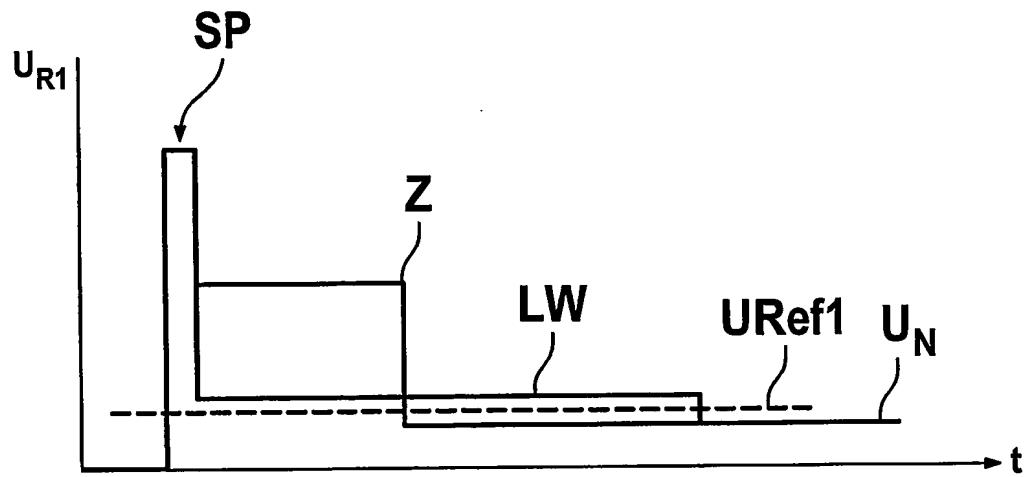
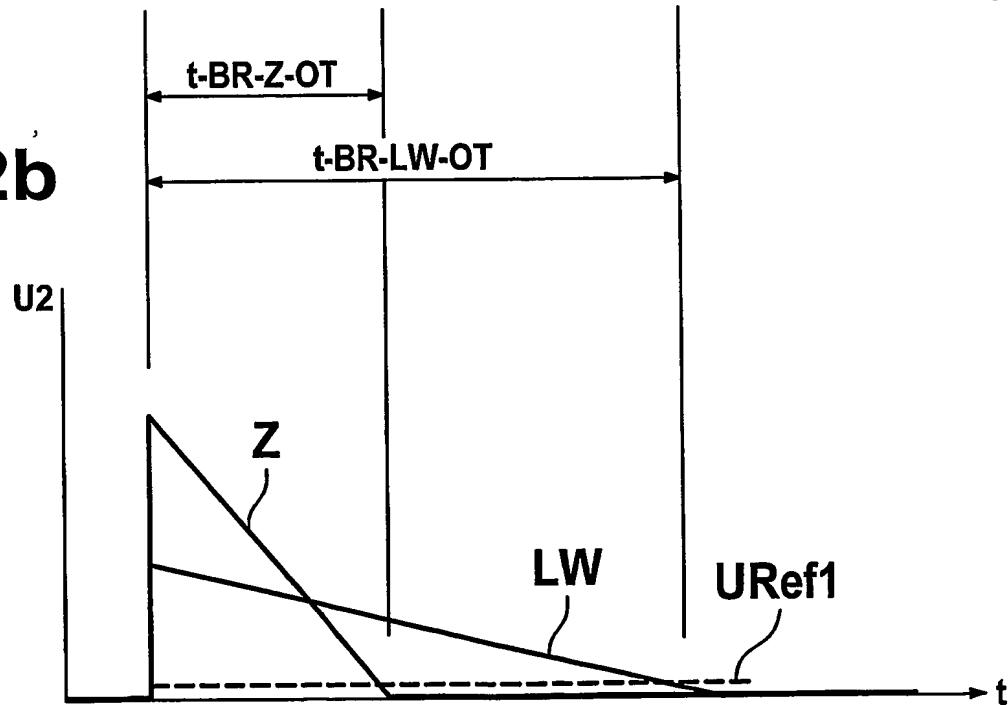
20

25

FIG. 1



2 / 2

FIG. 2a**FIG. 2b**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/04729

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02D41/34 F02P17/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D F02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 029 631 A (JIEWERTZ ET AL.) 29 February 2000 (2000-02-29) column 6, line 19 - line 56 abstract; figures ---	1,12
A	US 5 174 267 A (DEBIASI) 29 December 1992 (1992-12-29) abstract; figures ---	1-5,12, 13
A	US 5 370 099 A (KOELLE ET AL.) 6 December 1994 (1994-12-06) abstract column 2, line 37 -column 3, line 29; figures ---	1,12 -/-

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

22 April 2003

29/04/2003

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kooijman, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 04729

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 003, no. 088 (M-067), 27 July 1979 (1979-07-27) & JP 54 065223 A (HITACHI LTD), 25 May 1979 (1979-05-25) abstract; figures ---	1,12
P, A	US 6 453 733 B1 (MALACZYNISKI) 24 September 2002 (2002-09-24) abstract; figures ---	1,12
A	EP 0 979 941 A (MAGNET MARELLI) 16 February 2000 (2000-02-16) abstract; figures -----	1,12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 04729

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 6029631	A	29-02-2000	SE DE JP SE WO	508753 C2 19681614 T0 11513776 T 9503722 A 9715758 A1		02-11-1998 01-10-1998 24-11-1999 25-04-1997 01-05-1997
US 5174267	A	29-12-1992		NONE		
US 5370099	A	06-12-1994	DE WO DE EP JP JP	4026723 A1 9203655 A1 59106872 D1 0544682 A1 3222133 B2 6500375 T		27-02-1992 05-03-1992 14-12-1995 09-06-1993 22-10-2001 13-01-1994
JP 54065223	A	25-05-1979	JP	61032503 B		28-07-1986
US 6453733	B1	24-09-2002		NONE		
EP 979941	A	16-02-2000	EP BR DE US	0979941 A1 9903627 A 69809220 D1 6314803 B1		16-02-2000 05-09-2000 12-12-2002 13-11-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte: nationales Aktenzeichen

PCT/DE 04729

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02D41/34 F02P17/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D F02P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 029 631 A (JIEWERTZ ET AL.) 29. Februar 2000 (2000-02-29) Spalte 6, Zeile 19 – Zeile 56 Zusammenfassung; Abbildungen ---	1,12
A	US 5 174 267 A (DEBIASI) 29. Dezember 1992 (1992-12-29) Zusammenfassung; Abbildungen ---	1-5,12, 13
A	US 5 370 099 A (KOELLE ET AL.) 6. Dezember 1994 (1994-12-06) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 37 –Spalte 3, Zeile 29; Abbildungen ---	1,12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

- ^a Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

22. April 2003

29/04/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL – 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kooijman, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 004729

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 003, no. 088 (M-067), 27. Juli 1979 (1979-07-27) & JP 54 065223 A (HITACHI LTD), 25. Mai 1979 (1979-05-25) Zusammenfassung; Abbildungen ---	1,12
P, A	US 6 453 733 B1 (MALACZYNSKI) 24. September 2002 (2002-09-24) Zusammenfassung; Abbildungen ---	1,12
A	EP 0 979 941 A (MAGNET MARELLI) 16. Februar 2000 (2000-02-16) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1,12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 4729

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6029631	A 29-02-2000	SE 508753 C2 DE 19681614 T0 JP 11513776 T SE 9503722 A WO 9715758 A1		02-11-1998 01-10-1998 24-11-1999 25-04-1997 01-05-1997
US 5174267	A 29-12-1992	KEINE		
US 5370099	A 06-12-1994	DE 4026723 A1 WO 9203655 A1 DE 59106872 D1 EP 0544682 A1 JP 3222133 B2 JP 6500375 T		27-02-1992 05-03-1992 14-12-1995 09-06-1993 22-10-2001 13-01-1994
JP 54065223	A 25-05-1979	JP 61032503 B		28-07-1986
US 6453733	B1 24-09-2002	KEINE		
EP 979941	A 16-02-2000	EP 0979941 A1 BR 9903627 A DE 69809220 D1 US 6314803 B1		16-02-2000 05-09-2000 12-12-2002 13-11-2001